



**SKRIPSI – ME091329**

# **ANALISA KARAKTERISTIK SISTEM BAHAN BAKAR PADA MESIN REVERSE ENGINEERING**

**DANIEL RIZQI PRADANA  
NRP 4210 100 030**

**Pembimbing 1 :  
Ir. Indrajaya Gerianto, M.Sc  
Pembimbing 2 :  
Semin, ST, MT, Ph.D**

**JURUSAN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN  
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA  
2014**



**FINAL PROJECT – ME091329**

# **CHARACTERISTICS OF FUEL OIL SYSTEM ANALYSIS OF REVERSE ENGINEERING ENGINE**

**DANIEL RIZQI PRADANA  
NRP 4210 100 030**

**Supervisor 1 :  
Ir. Indrajaya Gerianto, M.Sc  
Supervisor 2 :  
Semin, ST, MT, Ph.D**

**DEPARTMENT OF MARINE ENGINEERING  
FACULTY OF MARINE TECHNOLOGY  
SEPULUH NOPEMBER INSTITUTE OF TECHNOLOGY  
SURABAYA  
2014**

# **LEMBAR PENGESAHAN**

## **ANALISA KARAKTERISTIK SISTEM BAHAN BAKAR PADA MESIN REVERSE ENGINEERING**

### **SKRIPSI**

Digunakan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat

Memperoleh Gelar Sarjana Teknik

Pada

Bidang Studi Marine Power Plant

Program Studi S-1 Jurusan Teknik Sistem Perkapalan

Fakultas Teknologi Kelautan

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

**DANIEL RIZQI PRADANA**

**NRP. 4210 100 030**

Disetujui Oleh Ketua Jurusan Teknik Sistem Perkapalan :

1. Dr. Ir. A. A. Masroeri, M.Eng.

**SURABAYA, JULI 2014**

## LEMBAR PENGESAHAN

### **ANALISA KARAKTERISTIK SISTEM BAHAN BAKAR PADA MESIN REVERSE ENGINEERING**

#### **SKRIPSI**

Digunakan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat

Memperoleh Gelar Sarjana Teknik

Pada

Bidang Studi Marine Power Plant

Program Studi S-1 Jurusan Teknik Sistem Perkapalan

Fakultas Teknologi Kelautan

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

**DANIEL RIZQI PRADANA**

**NRP. 4210 100 030**

Disetujui oleh Dosen Pembimbing Skripsi :

1. Ir. Indrajaya Gerianto, M.Sc.

2. Satrio, ST MT, Ph.D.

SURABAYA, JULI 2014

## **ANALISA KARAKTERISTIK SISTEM BAHAN BAKAR PADA MESIN REVERSE ENGINEERING**

Nama Mahasiswa : Daniel Rizqi Pradana  
NRP : 4210 100 030  
Jurusan : Teknik Sistem Perkapalan FTK-ITS  
Dosen Pembimbing : Ir. Indrajaya Gerianto, M.Sc  
Semin, ST.MT. Ph.D

### **ABSTRAK**

Sistem Injeksi bahan bakar adalah sebuah teknologi yang digunakan pada mesin bakar dalam untuk memasukan bahan bakar ke ruang bakar dengan cara diinjeksikan dengan tekanan. Sistem Injeksi bahan bakar dapat berupa mekanikal, elektronik atau campuran dari keduanya. Sistem awal berupa mekanikal, namun sekitar tahun 1980-an mulai banyak menggunakan sistem elektronik. Sistem elektronik modern menggunakan sensor untuk memonitor kondisi mesin, dan sebuah ECU untuk menghitung jumlah bahan bakar yang diperlukan. Kali ini penulis bermaksud untuk menganalisa karakteristik sistem bahan bakar pada mesin Cummins 4BT3.9. Dengan analisa teknis dan teoritis yang, penulis bermaksud memberikan hasil maksimal. Maka, metode yang dilakukan pertama kali adalah menganalisa dan mencari jenis atau part komponen pada bagian sistem bahan bakar mesin Cummins 4BT.39. Hal selanjutnya adalah penggambaran skema sistem bahan bakar pada mesin Cummins 4BT3.9 alur dan sistem aliran bahan bakarnya. Seperti apa alur sistem bahan bakar mesin Cummins 4BT3.9. Hasil dari pencarian part atau komponen yang sesuai dengan karakteristik sistem bahan bakar Cummins 4BT3.9 dilakukan penjelasan mekanisme kerja dari sistem bahan bakar yang telah dilakukan penggambaran

**Kata Kunci : analisa, karakteristik, mekanisme kerja, Sistem Injeksi, skema sistem**

## **CHARACTERISTICS OF FUEL OIL SYSTEM ANALYSIS OF REVERSE ENGINEERING ENGINE**

Name : Daniel Rizqi Pradana  
NRP : 4210 100 030  
Department : Teknik Sistem Perkapalan FTK-ITS  
Advisor : Ir. Indrajaya Gerianto, M.Sc  
Semin, ST.MT. Ph.D

### **ABSTRACT**

The Fuel Injection System is a method used in the engine to inject the fuel into the combustion chamber means of injected by pressure. Fuel injection systems can be form mechanical, electronic or a mixture of both. The beginning of a mechanical system, but since 1980 is began to much used electronic systems. Modern electronic systems using a sensors to monitoring the condition of the engine, and an electronic control unit to calculate the amount of fuel required. At this time the author want to analyze the characteristics of the fuel system on the Cummins engine 4BT3.9. With the technical and theoretical analysis, the author want to give a maximum results. Thus, methods that do first is to analyze and looking for the type and component parts in the fuel system 4BT3.9 Cummins engine. Further is drawing schematic of the fuel system on the Cummins engine 4BT3.9 the way and fuel flow system Cummins engine fuel system 4BT3.9. The results of the looking for of the part or component that is in accordance with the characteristics of the fuel system Cummins 4BT3.9 is to do explanation of the work mechanism of the fuel system has been done drawing.

Keywords: Analysis, characteristics, Injection System, system scheme , work mechanism.

## KATA PENGANTAR

Segala puji ke hadirat Allah SWT atas segala rahmat, karunia dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Skripsi dengan judul “**ANALISA KARAKTERISTIK SISTEM BAHAN BAKAR PADA MESIN REVERSE ENGINEERING**”. Tugas Akhir ini merupakan syarat kelulusan sarjana S-1 pada Jurusan Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Dalam penyelesaian Skripsi ini, banyak dukungan yang diperoleh dari berbagai pihak. Untuk itu penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Ibu, Ayah, dan adik yang telah memberi dukungan berupa semangat, moral, materi dan hal lainnya sehingga penulis dapat menyelesaikan Skripsi ini.
2. Bapak Ir Aguk Zuhdi M.F. M.Eng.. selaku Dosen Wali penulis selama berkuliah di Jurusan Teknik Sistem Perkapalan FTK-ITS.
3. Bapak Dr. Ir.A.A. Masroeri, M.Eng selaku Ketua Jurusan Teknik Sistem Perkapalan FTK-ITS.
4. Bapak DR. I Made Ariana, ST, MT selaku Sekertaris Jurusan Teknik Sistem Perkapalan dan selaku dosen yang telah memberikan judul Skripsi
5. Bapak Ir. Indrajaya Gerianto, M.Sc. selaku dosen pembimbing pertama penulis yang telah memberikan bimbingan dan motivasi sehingga dapat menyelesaikan Skripsi.
6. Bapak Semin, ST.MT. Ph.D selaku dosen pembimbing kedua penulis yang telah membimbing penulis
7. Bapak-bapak dosen Jurusan Teknik Sistem Perkapalan yang telah memberikan ilmu bermanfaat.

8. Teman-teman di Laboratorium Marine Power Plant yang telah memberikan bantuan ilmu dalam penyelesaian Skripsi.
9. Teman-teman angkatan Pinisi10 yang telah memberikan dukungan dan motivasi.

Semoga Skripsi ini dapat berguna dan dapat memberi ilmu pengetahuan yang bermanfaat bagi penulis dan pembaca.

Surabaya, Juli 2014



## DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN.....	iii
LEMBAR PENGESAHAN.....	v
KATA PENGANTAR.....	xi
DAFTAR ISI.....	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xv
DAFTAR TABEL.....	xvii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
I.1. Latar Belakang.....	1
I.2. Perumusan Masalah.....	1
I.3. Tujuan Penelitian .....	2
I.4. Manfaat Penelitian .....	2
I.5. Batasan Masalah.....	2
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
II.1. Sistem Injeksi.....	5
II.2. InjectionPump.....	9
II.3. Injektor.....	16
II.4. Governor.....	18
BAB III METODOLOGI.....	21
III.1. Perumusan Masalah.....	21
III.2. Studi Literatur.....	21
III.3. Pengumpulan Data.....	21
III.4. Desain Sistem.....	23
III.5. Analisa Pembahasan.....	24
III.6. Simpulan Dan Saran.....	24
III.7. Diagram Flowchart.....	24

## BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN

IV.1. Analisa Karakteristik Sistem Bahan Bakar Pada Mesin Reverse Engineering.....	29
IV.1.1. Data Tentang Spesifikasi Mesin Diesel Cummins 4BT3.9.....	30
IV.2 Data Teknis Peralatan Mesin Diesel Cummins 4BT3.9.....	30
IV.3 .Penggambaran Skema Desain Sistem Bahan Bakar.....	36
IV.4. Penjelasan Mekanisme Gambar Sistem .....	38
IV.5. Penjelasan Sistem Kerja Governor .....	41
IV.6. Perhitungan Perbandingan Karakteristik Sistem Bahan Bakar.....	47

## BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....51

5.1. Kesimpulan.....	51
5.2. Saran.....	51

## DAFTAR PUSTAKA..... 53

## BIODATA PENULIS..... 55

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Sistem Injeksi.....	5
Gambar 2.2. Indirect Injection Mesin Diesel.....	7
Gambar 2.3. Diesel Direct Injection.....	8
Gambar 2.4. Pompa Injection Inline.....	10
Gambar 2.5. Komponen Pompa Injection Inline.....	11
Gambar 2.6. Aliran Bahan Bakar Pompa Injeksi Inline.....	12
Gambar 2.7. Pompa Injection Distributor.....	13
Gambar 2.8. Komponen Pompa Injection.....	14
Gambar 2.9. Aliran Bahan Bakar Pompa Injection Distributor.....	15
Gambar 2.10. Injektor Single Hole.....	17
Gambar 2.11. Injektor Multi Hole.....	18
Gambar 3.1. Desain Sistem.....	21
Gambar 4.1. Direct Injection.....	29
Gambar 4.2. Pre Filter.....	30
Gambar 4.4. Water Separator Filter.....	31
Gambar 4.5. Fuel Filter.....	32
Gambar 4.6. Robert Bosch P7100 Injection Pump Inline.....	33
Gambar 4.7. Injektor Robert Bosch Cummins Multi Hole.....	33
Gambar 4.8. Desain Skema Sistem Bahan Bakar.....	34
Gambar 4.9. Nomor, Equipment ID dan Symbol.....	35
Gambar 4.10. Gambar Diagram Peletakan Komponen.....	36

Gambar 4.11. Gambar Sistem Kerja Governor.....	41
Gambar 4.12. Gambar Sistem Kerja Governor.....	41
Gambar 4.13. Gambar Sistem Kerja Governor.....	42
Gambar 4.14. Gambar Sistem Kerja Governor.....	42
Gambar 4.15. Gambar Sistem Kerja Governor.....	43
Gambar 4.16. Gambar Sistem Kerja Governor.....	44
Gambar 4.17. Gambar Sistem Kerja Governor.....	45
Gambar 4.18 Grafik Full Load Cummins 4BT3.9.....	53
Gambar 4.19. Grafik Karakteristik Tanpa Beban.....	54

## **DAFTAR TABEL**

Tabel 4.1. Specification Diesel Engine Cummins 4BT3.9.....	28
Tabel 4.2. Karakteristik Bahan Bakar Full Load.....	52
Tabel 4.3. Karakteristik Bahan Bakar Tanpa Beban.....	53

## **BAB I**

### **PENDAHULUAN**

#### **I.1 Latar Belakang.**

Sistem bahan bakar mesin diesel pada umumnya merupakan sistem paling penting atau merupakan sistem inti di antara sistem – sistem yang lain. Dengan sistem bahan bakar yang baik dan tepat akan menghasilkan tenaga yang optimal. Sebaliknya apabila sistem bahan bakar yang kurang baik dan kurang tepat dapat menyebabkan tenaga mesin diesel yang kurang optimal, bahkan mungkin saja mesin diesel tidak dapat dijalankan sama sekali atau bisa dibilang mesin mati. Banyak orang yang mengatakan bahwa sistem bahan bakar pada mesin diesel merupakan pusat atau inti hidup matinya mesin.

Sistem bahan bakar mesin diesel mencakup rangkaian komponen – komponen yang berhubungan dengan bahan bakar, dimulai dari tangki bahan bakar sampai di ujung nozzle di ruang bakar. Tipikal dari sistem bahan bakar yakni bahan bakar setelah di dalam tangki dihisap oleh pompa tekanan rendah yaitu fuel feed pump. Bahan bakar kemudian disaring oleh filter untuk memastikan tidak ada kotoran yang nantinya dapat menyumbat lubang nozzle. Dengan kondisi bersih, bahan bakar dipompa dengan pompa tekanan tinggi (fuel injection pump) menuju nozzle atau injektor.

Dan masing – masing mesin diesel mempunyai komponen dan karakteristik sistem bahan bakar masing- mesin seperti halnya mesin Cummins 4BT3.9. oleh karena itu butuh analisa karakteristik sistem bahan bakar pada mesin Cummins 4BT3.9 komponen, alur, desain sistem, dan mekanisme kerjanya.

## **I.2 Perumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang diatas maka perumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

Bagaimana karakteristik sistem bahan bakar pada mesin diesel reverse engineering.

## **I.3 Tujuan**

Tujuan dari penelitian ini adalah:

Mengetahui karakteristik sistem bahan bakar pada mesin diesel reverse engineering

## **I.4 Manfaat**

Manfaat yang diharapkan dari Tugas Akhir ini adalah:

Mengetahui karakterisik sistem bahan bakar dan mekanisme nya.

## **I.5 Batasan Masalah**

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah:

Hanya menganalisa karakteristik sistem bahan bakar berdasarkan penggambaran skema desain sistem serta mekanismenya kerjanya.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### II.1 Sistem Injeksi

Injeksi bahan bakar adalah sebuah teknologi yang digunakan pada mesin bakar dalam untuk memasukan bahan bakar ke ruang bakar dengan cara diinjeksikan dengan tekanan. Sistem Injeksi bahan bakar dapat berupa mekanikal, elektronik atau campuran dari keduanya. Sistem awal berupa mekanikal, namun sekitar tahun 1980-an mulai banyak menggunakan sistem elektronik. Sistem elektronik modern menggunakan banyak sensor untuk memonitor kondisi mesin, dan sebuah unit kontrol elektronik untuk menghitung jumlah bahan bakar yang diperlukan. (*Hand Book of Diesel Engine, Klaus Molenhauer eds. 2009*)



Gambar 2.1 Sistem Injeksi

Sumber : (*Robert Bosch GmbH (Ed.): Bosch Technical Instruction*)



Berdasarkan pengertian sistem injeksi bahan bakar pada mesin diesel di atas, maka fungsi sistem injeksi bahan bakar mesin diesel yaitu:

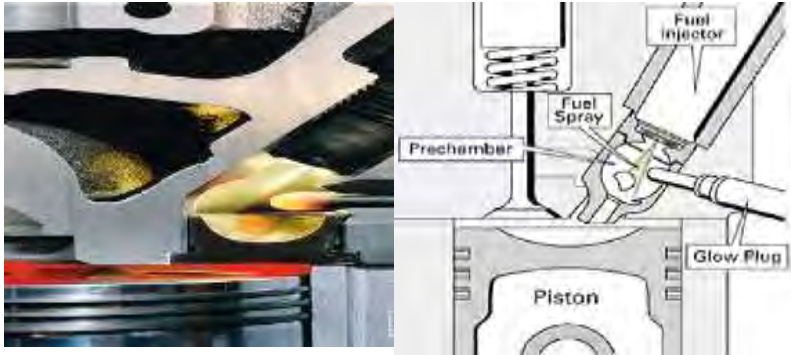
1. Menyaring bahan bakar.
2. Memompa atau menginjeksi bahan bakar ke dalam ruang bakar
3. Mengabutkan bahan bakar ke dalam ruang bakar
4. Mengembalikan kelebihan bahan bakar ke dalam tangki bahan bakar.

### **Macam – Macam Sistem Injeksi.**

#### **➤ Indirect Injection.**

Dalam sebuah mesin bakar dalam, Mesin indirect injection bahan bakar disuntikkan secara tidak langsung ke dalam ruang pembakaran. Mesin ini dilengkapi Kamar terpisah atau biasa disebut pre combustion chamber. Jadi pada mesin indirect injection ada 2 kamar yaitu ruang bakar utama dan Kamar yang lebih kecil yang digunakan sebagai tempat Nozzle ( pengabut bahan bakar).

Pada sistem Indirect Injection ini Biasanya dilengkapi dengan Busi Pemanas, Untuk membantu membakar bahan bakar pada waktu dihidupkan pada kondisi mesin dingin. (*Hand Book of Diesel Engine, Klaus Molenhauer eds. 2009*)



Gambar 2.2 Indirect Injection Mesin Diesel

Sumber: (Robert Bosch GmbH (Ed.): *Bosch Technical Instruction: Distributor-Type Diesel Fuel-Injection*)

#### **Kelebihan**

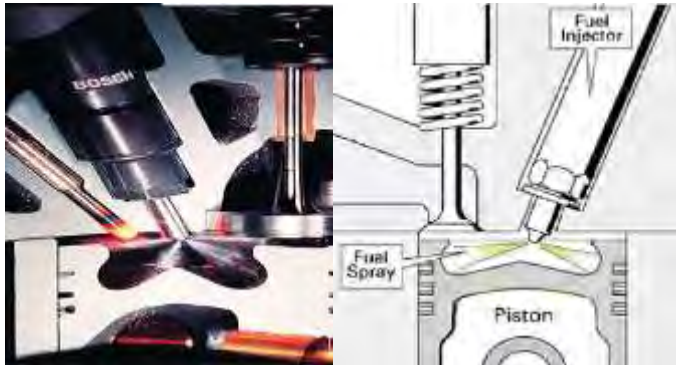
- Tekanan injeksi yang diperlukan lebih rendah
- Asap hitam lebih sedikit.
- Suara mesin lebih halus.
- Tidak terlalu peka terhadap perubahan timing injeksi.
- Kecepatan mesin lebih tinggi.
- Gangguan pada nozzle lebih kecil (tipe pin).
- Desain yang lebih sederhana

#### **Kekurangan**

- Cylinder head lebih rumit.
- Efisiensi panas lebih rendah.
- Pemakaian bahan bakar lebih boros karena kehilangan Panas (Heat Loss) akibat area mesin yang lebih luas dan rugi tekanan.

➤ **Direct Injection.**

Sesuai namanya direct injection Pada Diesel jenis Ini, Sudah tidak memakai Kamar terpisah, akan tetapi konstruksinya sudah mirip seperti mesin bensin dimana letak nosel langsung di ruang bakar. Dan direct injection memiliki ruang bakar hanya ada satu, dan itupun berada di daerah crown piston. (*Hand Book of Diesel Engine, Klaus Molenhauer eds. 2009*)



Gambar 2.3 Diesel Direct Injection

Sumber: (*Robert Bosch GmbH (Ed.): Bosch Technical Instruction: Distributor-Type Diesel Fuel-Injection*)

**Kelebihan**

- Efisiensi panas tinggi.
- Konstruksi cylinder head sederhana.
- Tarikan lebih responsif.

**Kekurangan**

- Injeksi harus menghasilkan tekanan yang tinggi.
- Suara lebih berisik.
- Bahan bakar yang digunakan harus bermutu tinggi

## **II.2 Injection Pump.**

Di dalam sistem bahan bakar diesel terdapat pompa injeksi yang berfungsi untuk memompakan bahan bakar dari fuel tank ke ruang bakar melalui injektor. Pompa injeksi (Injection pump) bersama dengan governor memberikan jumlah bahan bakar yang tepat pada timing yang tepat pada masing-masing silinder mesin. Tekanan injection bahan bakar yang di injeksikan oleh injection pump berbeda-beda tergantung pada type ruang bakar, biasanya berkisar :

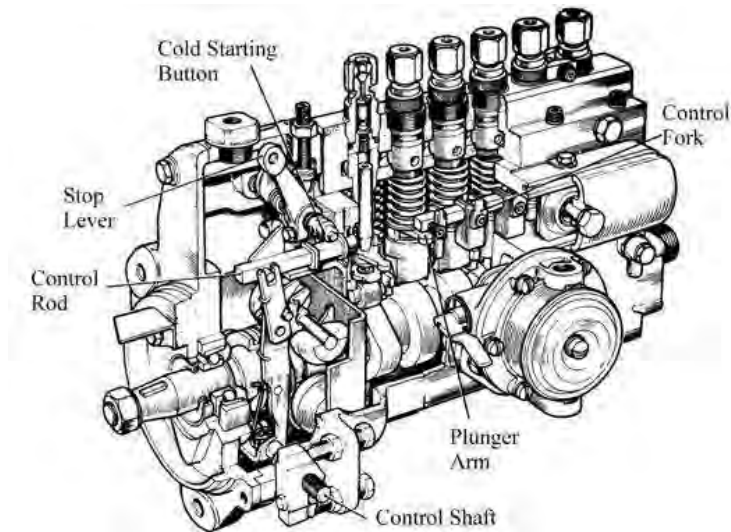
- Antara 200 - 300 kg/cm<sup>2</sup> atau 200 – 300 bar (Untuk ruang bakar injeksi langsung)
- Antara 80 - 150 kg / cm<sup>2</sup> atau 80 – 150 bar (Untuk ruang bakar dengan ruang bakar tambahan)

*(Kawano Sungkono, D. 2011. Motor Bakar Torak (Diesel). Surabaya: ITS Press)*

Dilihat dari jumlah plunger, pompa injeksi di bedakan menjadi 2 :

### **II.2.1 Pompa injection inline**

Pompa injeksi inline yaitu pompa injeksi dimana 1 plunger menyuplai 1 silinder, jadi banyaknya plunger di pompa injeksi inline tergantung dari jumlah silinder di engine. Prinsip kerja inline fuel injection pump dimana plunjer kearah suplai bahan bakar, dimana gerakannya diatur oleh poros cam. Poros cam diputar oleh poros crank motor dengan kecepatan separuhnya. Gerakan arah balik dari plunjer diatur oleh koil pegas. Jadi langkah tekan adalah tetap. (Kawano Sungkono, D. 2011. Motor Bakar Torak Diesel)



Gambar 2.4 Pompa Injection Inline

Sumber : (Kawano Sungkono, D. 2011. *Motor Bakar Torak Diesel*)

#### **Kelebihan**

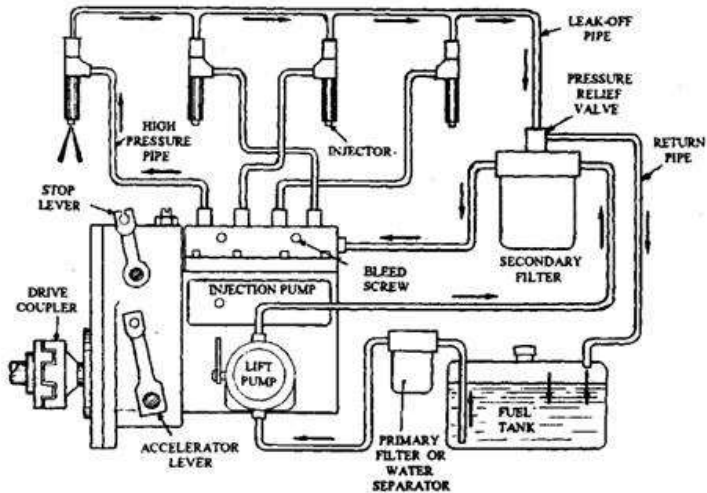
- Jumlah plunger sesuai dengan jumlah silinder, sehingga jika suatu saat ada salah satu plunger bermasalah maka engine akan tetap bisa hidup walaupun pincang.
- Konstruksinya sederhana karena tiap plunger melayani 1 silinder, waktu penginjeksian ditentukan oleh cam shaft.
- Harganya relatif lebih murah karena konstruksinya lebih sederhana.

#### **Kekurangan**

- Memakan banyak tempat karena ukurannya yang relatif besar.

- Suplai bahan bakar ke setiap silinder kemungkinan tidak sama karena plunger yang berbeda.

### Nama Komponen-Komponen Pompa Injection In-Line



Gambar 2.5 Komponen Pompa Injection In Line

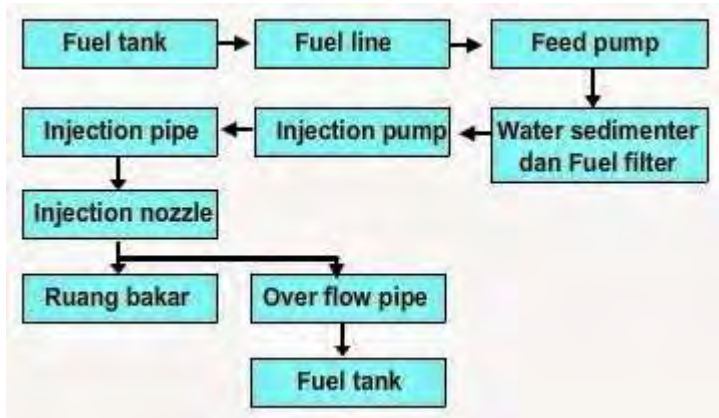
Sumber : (Kawano Sungkono, D. 2011. Motor Bakar Torak Diesel)

Keterangan gambar diatas :

1. Fuel Tank ( Tangki Bahan Bakar )
2. Primary Filter or Water Separator ( Filter Pertama )
3. Feed Pump
4. Secondary Filter (Filter Kedua)
5. Injection Pump ( Pompa Injeksi )
6. High Pressure Pipe ( Pipa Injeksi )
7. Injection Nozzle ( Injector)
8. Over flow Pipe / Return Pipe ( Pipa Pengembali )

## Aliran Bahan Bakar Pompa Injection In-Line Pada Mesin Diesel

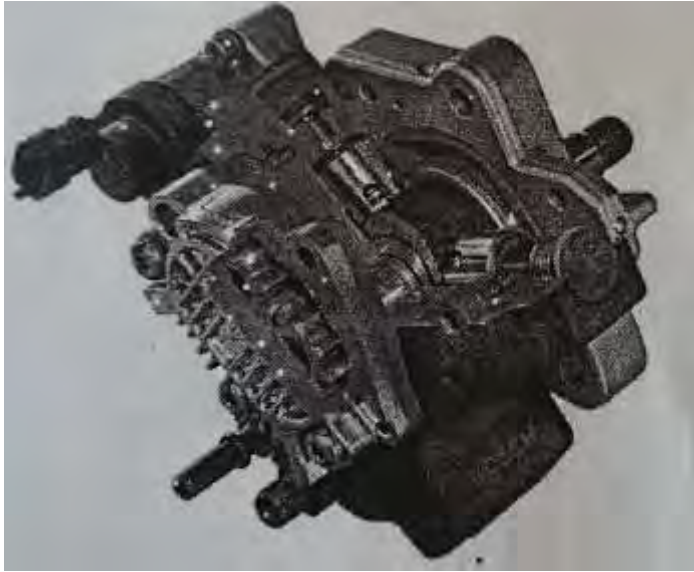
Berikut ini merupakan diagram aliran bahan bakar pada mesin diesel direct injection dengan pompa injeksi tipe In-Line



Gambar 2.6 Aliran Bahan Bakar Pompa Injeksi In Line

### II.2.2 Pompa injection distributor (VE type)

Pompa injeksi distributor yaitu pompa injeksi yang mempunyai satu plunger untuk semua silinder di engine. Perbedaan yang nyata antara pompa inline dengan distribusi adalah tekanan yang dihasilkan dari pompa distribusi lebih besar dibandingkan tekanan dari pompa inline. (Kawano Sungkono, D. 2011. *Motor Bakar Torak Diesel*)



Gambar 2.7 Pompa Injection Distributor

Sumber : (Kawano Sungkono, D. 2011. *Motor Bakar Torak Diesel*)

**Keuntungan**

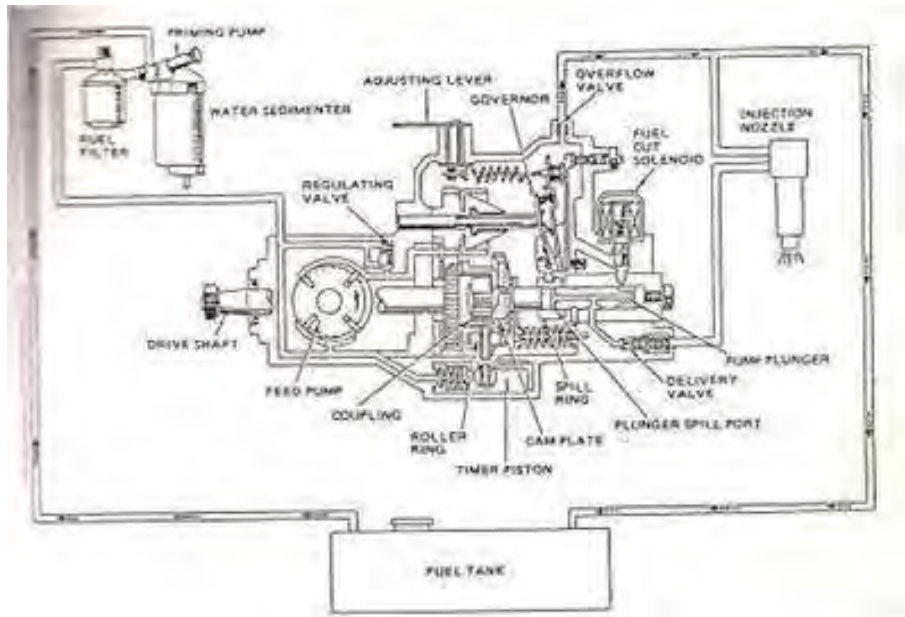
- Membutuhkan tempat yang lebih sempit karena bendanya kecil.
- Pembagian bahan bakar ke semua silinder rata karena menggunakan 1 plunger.

**Kerugian**

- Jika plunger rusak maka engine tidak akan bisa hidup lagi karena hanya memiliki 1 plunyer.
- Harganya relatif lebih mahal karena konstruksinya yang lebih rumit.



## Nama Komponen – Komponen Pompa Injection Distributor Diesel



Gambar 2.8 Komponen Pompa Injection Distributor

Sumber : (Bosch, 1994. "Diesel Fuel Injection", Robert Bosch GmbH)

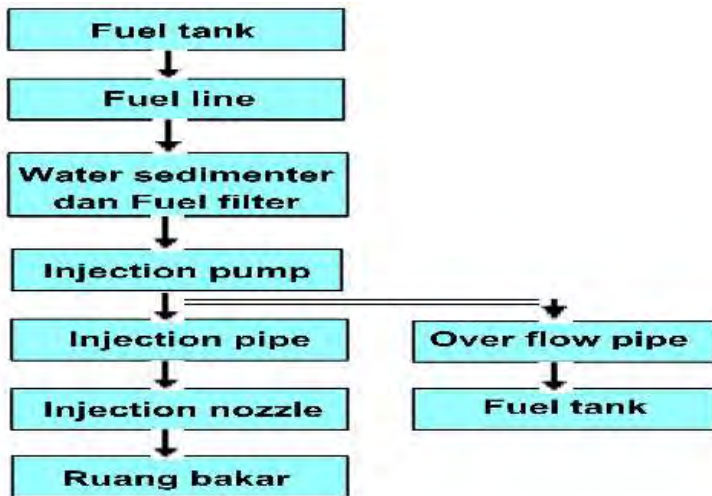
Keterangan gambar diatas :

1. Fuel Tank ( Tangki Bahan Bakar )
2. Fuel Line ( Pipa Bahan Bakar )
3. Water Sedimenter dan Fuel Filter
4. Priming Pump ( Pompa Priming )
5. Injection Pump ( Pompa Injeksi )
6. Injection Pipe ( Pipa Injeksi )

7. Injection Nozzle ( Injector )
8. Over flow Pipe ( Pipa Pengembali )

Aliran Bahan Bakar Pompa Injection Distributor Mesin Diesel

Berikut ini merupakan diagram aliran bahan bakar pompa injeksi distributor pada mesin diesel :



Gambar 2.9 Aliran Bahan Bakar Pompa Injection Distributor

### II.3 Injektor.

Injektor berfungsi untuk memasukan dengan cara menginjeksikan bahan bakar diesel dari injection pump ke dalam silinder pada setiap akhir langkah kompresi dimana torak ( Piston) mendekati posisi TMA (Titik Mati Atas). Injektor yang dirancang sedemikian rupa merubah tekanan bahan bakar dari

injection pump yang bertekanan tinggi untuk membentuk kabut yang bertekanan antara 60 sampai 200 kg/cm<sup>2</sup> atau bar, tekanan ini mengakibatkan peningkatan suhu pembakaran didalam silinder meningkat menjadi 600° C.

Tekanan udara dalam bentuk kabut melalui injektor ini hanya berlangsung satu kali pada setiap siklusnya yakni pada setiap akhir langkah kompresi saja sehingga setelah sekali penyemprotan dalam kapasitas tertentu dimana kondisi pengabutan yang sempurna maka injector yang dilengkapi dengan jarum yang berfungsi untuk menutup atau membuka saluran injektor ini sehingga kelebihan bahan bakar yang tidak mengabut akan dialirkan kembali kebagian lain atau ke tangki bahan bakar sebagai kelebihan aliran (overflow).

Untuk menyempurnakan fungsi injektor ini maka injektor akan kita temukan dalam beberapa jenis, tentu saja dengan karakteristik yang berbeda antara lain terdiri atas injector berlubang, injector ini terdapat dalam injector berlubang satu (single hole) dan injector berlubang banyak (multi hole). Injector model pin atau trotle, injector ini terdapat dalam model trotle dan model pintle. (Kawano Sungkono, D. 2011. Motor Bakar Torak Diesel)

### **II.3.1 Macam – Macam Injektor.**

Macam-macam injektor (nozzle) seperti disebutkan diatas dengan sifat pengabutan dan karakteristik yang berbeda maka pemilihan untuk fungsi pemakaiannya juga berbeda yang bergantung pada proses pembakarannya dan proses pembakaran ini ditentukan oleh bentuk ruang bakarnya, untuk sifat-sifat injector ini antara lain adalah seperti berikut. (Kawano Sungkono, D. 2011. Motor Bakar Torak Diesel)

- Injektor berlubang satu atau tunggal (Single hole) proses pengabutannya sangat baik akan tetapi memerlukan tekanan injection pump yang tinggi. Injektor berlubang satu atau tunggal dapat mempunyai diameter lubang sekecil 0.2

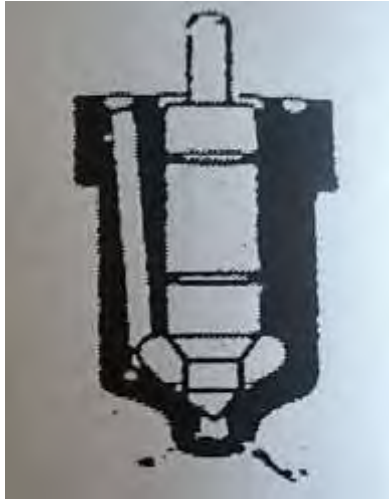
mm. Bila digunakan pada beberapa sistem indirect injection, dapat menggunakan tekanan rendah sekitar 90 – 100 bar.



Gambar 2.10 Injektor Single Hole

Sumber: (Kawano Sungkono, D. 2011. *Motor Bakar Torak Diesel*)

- Demikian halnya dengan Injektor berlubang banyak (multi hole) pengabutannya sangat baik. Injektor ini sangat tepat digunakan pada direct injection (injeksi langsung). Untuk piston berdiameter besar maka penggunaan injektor jenis ini harus dipakai dengan jumlah lubang yang disesuaikan dengan diameter besar tersebut. (Kawano Sungkono, D. 2011. *Motor Bakar Torak Diesel*)



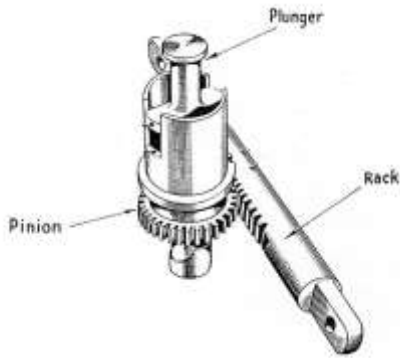
Gambar 2.11 Injektor Multi Hole

Sumber: *(Kawano Sungkono, D. 2011. Motor Bakar Torak Diesel)*

#### **II.4 Governor.**

Governor yang terpasang pada pompa injeksi digunakan untuk mengatur kecepatan mesin. Kecepatan mesin ini sebanding dengan mengalirnya bahan bakar ke dalam silinder ruang bakar.

Pada governor mekanik, pengaturan injeksi bahan bakarnya sesuai dengan kerja governor yang bekerja berdasarkan gaya sentrifugal. Plunger dari pompa injeksi berputar oleh gerakan dari batang gerigi pengatur bahan bakar ( Control Rod ), dengan demikian mengatur jumlah bahan bakar yang diinjeksikan ke dalam silinder. *(Injection System, Volume 1, JENBACHER ENERGY,1996)*



2.13 Gambar Rack (Control Rod) , Pinion, dan Plunger

Sumber : (*Stationary Engine Newsgroup June 1998*)

Control Rod dihubungkan ke governor melalui floating lever. Bila putaran mesin naik, batang gerigi pengatur bahan bakar (Control Rod) bergerak mengurangi jumlah bahan bakar yang di injeksikan. Bila putaran mesin turun, batang gerigi pengatur bahan bakar ( Control Rod ) bergerak menambah bahan bakar yang di injeksikan. (Injection System, Volume 1, JENBACHER ENERGY,1996)

(halaman ini sengaja di kosongkan)

## **BAB III**

### **METODOLOGI PENELITIAN**

Dalam penyusunan skripsi ini terdapat tata cara dalam melakukan penyusunan skripsi agar penyusunan skripsi ini menjadi rinci, teratur dan efektif. Adapun tahap-tahap yang dilakukan dalam penyusunan skripsi ini garis besarnya antara lain:

#### **III.1 Perumusan Masalah**

Perumusan masalah ini adalah identifikasi permasalahan yang ada yang kemudian akan diselesaikan dalam pengerjaan skripsi ini.

#### **III.2 Studi Literatur**

Study literatur (kajian pustaka) merupakan penelusuran literature atau referensi guna menunjang pembuatan skripsi ini. Pada skripsi ini studi literatur didapat dari beberapa sumber

#### **III.3 Pengumpulan Data**

Pengumpulan data dilakukan guna menunjang dalam pengerjaan skripsi ke depannya. Pengumpulan data-data yang diperlukan untuk menganalisa karakteristik sistem bahan bakar beserta alur dan mekanisme kerja pada diesel engine seperti mencari jenis part dari sistem bahan bakar mesin diesel. Dalam pengambilan dan pengumpulan data nanti akan langsung dilakukan di Lab Workshop Getaran dan Mesin Kapal untuk bisa dilakukan analisa yang akan dilakukan setelah ini.



### **III.3.1. Mencari Jenis Part Dari Sistem Bahan Bakar Mesin Diesel.**

Pada tahapan ini yang di maksud mencari jenis part yang ada pada sistem bahan bakar mesin Cummins 4BT3.9 yaitu komponen-komponen sistem bahan bakar pada mesin diesel ini seperti jenis sistem injeksi, jenis injektor, injection pump.

### **III.3.2. Memilih Jenis Part Yang Sesuai Dengan Sistem Bahan Bakar Mesin Diesel.**

Kemudian pada tahapan ini setelah mencari jenis part atau komponen yang sesuai dengan sistem bahan bakar mesin diesel Cummins 4BT3.9, pemilihan jenis part atau komponen yang sesuai dengan sistem bahan bakar mesin diesel didapatkan pemilihan komponen seperti :

- Sistem Penginjeksian = Direct Injection
- Pre Filter 1<sup>st</sup> Stage.
- Feed Pump.
- Fuel/Water Separator Filter 2<sup>nd</sup> Stage
- Filter Last Chance Stage
- Injection Pump = Inline.
- Injektor = Multi Hole

### III.4 Desain Sistem

Pada tahap pengerjaan skripsi ini dibutuhkan untuk mendesain sistem bahan bakar maka akan dilakukan desain sistem mengenai sistem bahan bakar dan desain injektor



#### 3.1 Penggambaran Skema Sistem Bahan Bakar

#### III.4.2 Penjelasan Mekanisme Gambar Sistem Bahan Bakar.

Pada tahapan ini berikut merupakan bagian part/komponen yang ada di sistem bahan bakar :

- |                    |                           |
|--------------------|---------------------------|
| 1. Supply Tank     | 6. Fuel Filter            |
| 2. Stop Valve      | 7. Injection Pump         |
| 3. Pre Filter      | 8. High Pressure Manifold |
| 4. Feed Pump       | 9. Injektor               |
| 5. Water Separator | 10. Fuel Return Line      |

Bagian part/komponen tersebut yang nantinya akan di jelaskan mengenai mekanisme kerjanya melalui skema desain sistem bahan bakar.

### **III.5 Analisa Pembahasan**

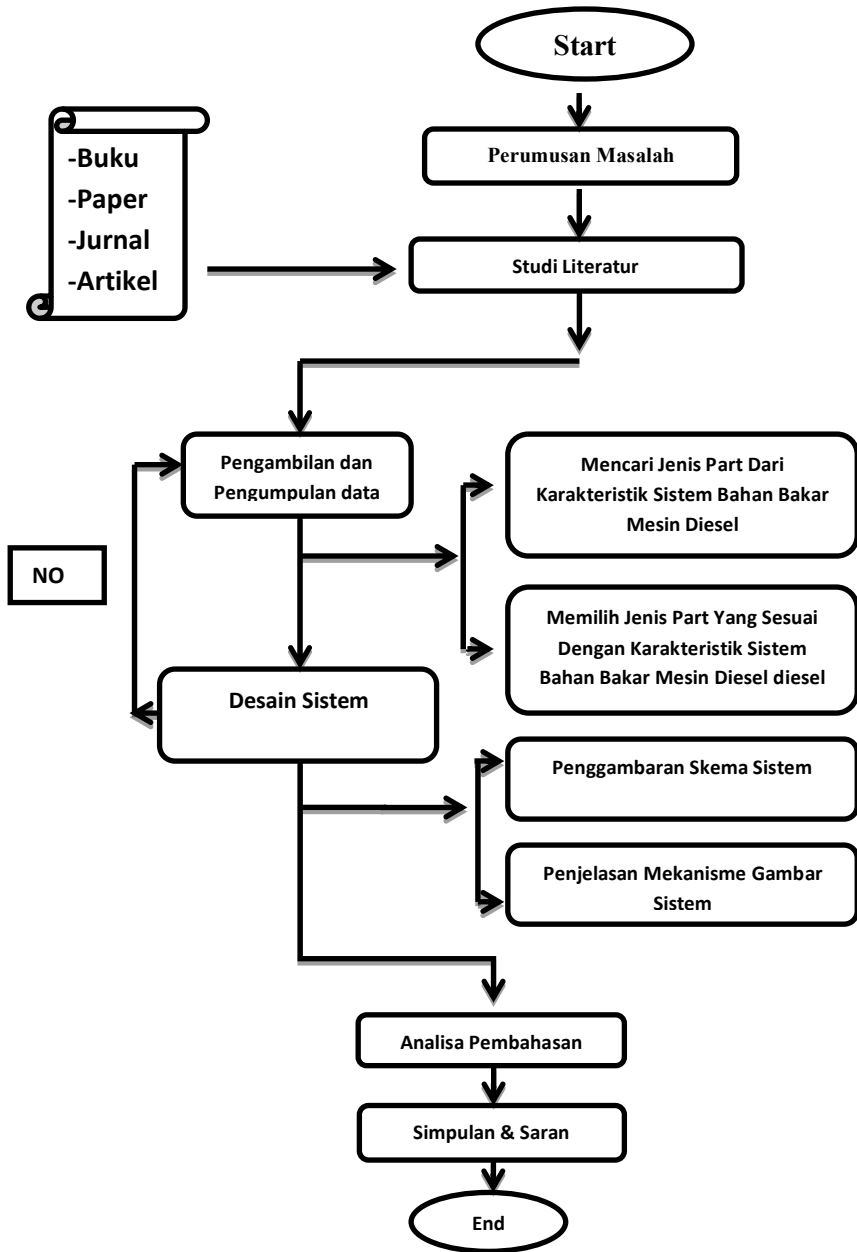
Dari data yang telah diperoleh akan dilakukan analisa karakteristik sistem bahan bakar mesin diesel berikut dari alur sistem serta mekanisme kerja sistem bahan bakar mesin Cummins 4BT3.9.

### **III.6 Kesimpulan Dan Saran**

Tahap ini membuat saran untuk pengembangan riset kedepan dan kesimpulan dari riset yang telah dilakukan.

### **III.7 Diagram Flowchart**

Untuk flowchart pengerjaan penelitian ini dapat dilihat pada gambar dibawah



( halaman ini sengaja dikosongkan)

## IV.6 Perhitungan Perbandingan Karakteristik Sistem Bahan Bakar

### CUMMINS 4BT3.9 SPECIFICATION

Engine Type	Inline 4 Cylinder, 4 Stroke
Bore	102 mm
Stroke	120 mm
Displacement	3.9 L
Firing Order	1.3.4.2
Power	125 hp
Rpm	2200 rpm
Compression Ratio	17,5 : 1

A 8167.14 mm

r bore 51 mm

0.51 m

### Perhitungan Idle Speed 800 rpm (diambil 800 rpm)

IMEP 950 kPa

$\phi$  0.8

i 1 untuk 2-stroke

i 1/2 untuk 4-stroke

L Panjang Langkah 120 mm 0.12 m

A Penampang Silinder 8167.14 mm 0.817 m  
= 0.082 m<sup>2</sup>

z 4 Silinder

Rps Rpm/60 = 13.33 rps 800 rpm

T bhp/rpm = 298 Nm

Udara 1 atm = 300° K K  $\longrightarrow$  pa 1.177 kg/m<sup>3</sup>

$\eta_v$  = 80%

### Daya Perhitungan Dari Torsi

P =  $2\pi \times Rps \times T$   
=  $2 \times 3.14 \times 13.3 \text{ rps} \times 298 \text{ Nm}$   
= 24890.2 watt  
= 25kW

#### Daya Dari Engine

$$\begin{aligned}P &= I \times \text{MEP} \times L \times A \times z \times Rps \\25 &= 1/2 \times \text{MEP} \times 0.12 \text{ m} \times 0.81671 \text{ m}^2 \times 4 \times 13.3 \text{ rps} \\25 &= 2.60695 \\ \text{MEP} &= 25/2.60695 \\ &= 9.58975 \text{ bar} \\ \\ \text{IMEP} &= 9.5 \text{ bar} \quad \text{1bar = 100kPa} \\ &= 950 \text{ kPa}\end{aligned}$$

#### Indicated horsepower (IP)

$$\begin{aligned}\text{IP} &= I \times \text{IMEP} \times L \times A \times z \times Rps \\ &= (1/2) \times (950) \times (0.12) \times (0.81671) \times (4) \times (13.3) \\ &= 247.659 \text{ kw}\end{aligned}$$

#### The Brake horsepower (BP)

$$\begin{aligned}\text{BP} &= 2\pi \times Rps \times T \\ &= 2 \times 3.14 \times 13.3 \text{ rps} \times 298 \text{ Nm} \\ &= 248.902 \text{ kw}\end{aligned}$$

#### The Friction Power (FP)

$$\begin{aligned}\text{FP} &= \text{IP} - \text{BP} \\ &= -1.2424 \text{ kw}\end{aligned}$$

#### Effisiensi Mekanis ( $\eta_m$ )

$$\begin{aligned}\eta_m &= \text{BP} / \text{IP} \\ &= 247.65 \text{ kW} / 248.90 \text{ kW} \\ &= 0.99501\end{aligned}$$

#### Laju Aliran Massa udara yang masuk ke silinder ( $m_a$ )

$$\begin{aligned}m_a &= (\eta_v) (L \times A \times z \times \rho_a \times n/2) \\ &= (0.8) (0.12 \times 0.81671 \times 4 \times 1.177 \times 13.3/2) \\ &= 0.24547 \text{ kg/s}\end{aligned}$$

Fuel air ratio		(F/A)s	—————→	Stoichiometric
F/A	=	$\phi \times (F/A)s$		Tabel Periodik
	=	$0.8 \times 0.066$		
	=	$0.0528 \text{ kg-bb/kg-udara}$		

Laju Aliran massa bahan bakar		$1 \text{ kg/s} = 3600 \text{ kg/hr}$
-------------------------------	--	---------------------------------------

mf	=	ma (F/A)
	=	$0.245 \text{ kg/s} \times 0.528 \text{ kg-bb/kg-udara}$
	=	$0.01296 \text{ kg/s}$
	=	$46.6588 \text{ kg/hr}$

Tanpa Load / Beban

Specific fuel consumption

SFC	=	mf / BP
	=	$46.65 \text{ kg/hr} / 248.90 \text{ kW}$
	=	$0.18746 \text{ kg/kWh}$
	=	$187 \text{ g/kwh}$



### Perhitungan Maksimum Speed 2200 rpm

IMEP	1300 kPa		
$\phi$			
i	1 untuk 2-stroke		
i	1/2 untuk 4-stroke		
L	Panjang Langkah	120 mm	0.12 m
A	Penampang Silinder	8167.14 mm	0.817 m
		=	0.082 m <sup>2</sup>
z	Jumlah Silinder	4 Silinder	
Rps	Rpm/60 =	36.67 rps	2200 rpm
T	bhp/rpm =	404 Nm	
Udara	1 atm =	300° K	K $\longrightarrow$ = 1.177 kg/m <sup>3</sup>
$\eta_v$	=	80%	

### Daya Perhitungan Dari Torsi

$$\begin{aligned}
 P &= 2\pi \times Rps \times T \\
 &= 2 \times 3.14 \times 36.6 \text{ rps} \times 404 \text{ Nm} \\
 &= 92858.6 \text{ watt} \\
 &= 93 \text{ kW}
 \end{aligned}$$

### Daya Dari Engine

$$\begin{aligned}
 P &= l \times MEP \times L \times A \times z \times Rps \\
 93 &= 1/2 \times MEP \times 0.12 \text{ m} \times 0.81671 \text{ m}^2 \times 4 \times 36.6 \text{ rps} \\
 93 &= 7.17402 \\
 MEP &= 93/2.60951 \\
 &= 12.9635 \text{ bar}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 IMEP &= 13 \text{ bar} & 1\text{bar} = 100\text{kPa} \\
 &= 1300 \text{ kPa}
 \end{aligned}$$

### Indicated horsepower (IP)

$$\begin{aligned}
 IP &= l \times IMEP \times L \times A \times z \times Rps \\
 &= (1/2) \times (1300) \times (0.12) \times (0.81671) \times (4) \times (36.6) \\
 &= 932.617 \text{ kw}
 \end{aligned}$$

#### The Brake horsepower (BP)

$$\begin{aligned} \text{BP} &= 2\pi \times \text{Rps} \times T \\ &= 2 \times 3.14 \times 36.6 \text{ rps} \times 404 \text{ Nm} \\ &= 928.586 \text{ kw} \end{aligned}$$

#### The Friction Power (FP)

$$\begin{aligned} \text{FP} &= \text{IP} - \text{BP} \\ &= 932.617 \text{ kw} \end{aligned}$$

#### Effisiensi Mekanis ( $\eta_m$ )

$$\begin{aligned} \eta_m &= \text{BP} / \text{IP} \\ &= 928.586 \text{ kW} / 932.617 \text{ kW} \\ &= 0.99568 \end{aligned}$$

#### Laju Aliran Massa udara yang masuk ke silinder ( $m_a$ )

$$\begin{aligned} m_a &= (\eta_v) (L \times A \times z \times \rho_a \times n/2) \\ &= (0.8) (0.12 \times 0.081671 \times 4 \times 1.177 \times 36.6/2) \\ &= 0.6755 \text{ kg/s} \end{aligned}$$

#### Fuel air ratio

(F/A)s  $\longrightarrow$  Stoichiometric  
tabel periodik

$$\begin{aligned} \text{F/A} &= \phi \times (\text{F/A})_s \\ &= 0.8 \times 0.066 \\ &= 0.0528 \text{ kg-bb/kg-udara} \end{aligned}$$

#### Laju Aliran massa bahan bakar

$$1 \text{ kg/s} = 3600 \text{ kg/hr}$$

$$\begin{aligned} m_f &= m_a (\text{F/A}) \\ &= 0.675 \text{ kg/s} \times 0.0528 \text{ kg-bb/kg-udara} \\ &= 0.03567 \text{ kg/s} \\ &= 128.399 \text{ kg/hr} \end{aligned}$$

Tanpa Load / Beban

#### Specific fuel consumption

$$\begin{aligned}\text{SFC} &= \text{mf} / \text{BP} \\ &= 128.39 \text{ kg/h} / 928.5 \text{ kW} \\ &= 0.13827 \text{ kg/kWh} \\ &= 138 \text{ g/kwh}\end{aligned}$$

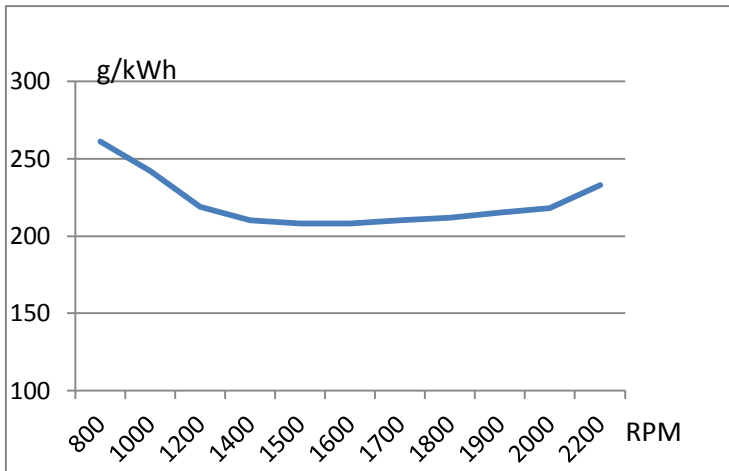
Jadi hasil perbandingan dari karakteristik sistem bahan bakar tanpa beban dengan karakteristik sistem bahan bakar yang dengan beban atau full load :

#### Full Load

RPM	g/kWh
800	261
1000	242
1200	219
1400	210
1500	208
1600	208
1700	210
1800	212
1900	215
2000	218
2200	233

Tabel 4.2 Tabel Karakteristik Bahan Bakar Full Load

tabel diatas diambil dari Project Guide Cummins 4BT3.9 tentang tabel full load



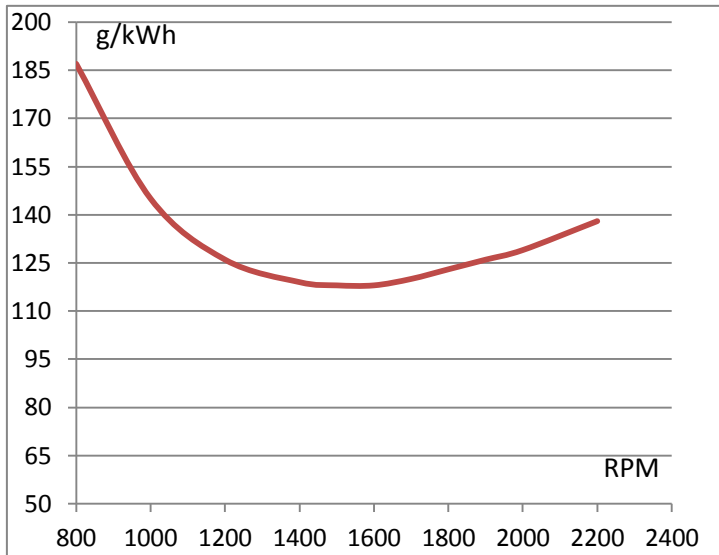
Gambar 4.18 Grafik SFOC Full Load Cummins 4BT3.9

### Tanpa Beban

RPM	g/kWh
800	187
1000	145
1200	126
1400	119
1500	118
1600	118
1700	120
1800	123
1900	126
2000	129
2200	138

Tabel 4.3 Tabel Karakteristik Bahan Bakar Tanpa Beban

tabel diatas di ambil dari hasil perhitungan tanpa beban. Perhitungan terdapat pada lampiran.



Gambar 4.19 Grafik SFOC Karakteristik Bahan Bakar Tanpa Beban

Sehingga didapatkan analisa perbandingan dari dua tabel dan grafik tanpa beban dan berbeban/ full load karakteristik bahan bakar diatas yaitu:

Pada keadaan idle yaitu Rpm 800 didapatkan karakteristik bahan bakar dengan :

Rpm 800 tanpa beban dengan SFC 187 g/kWh

Rpm 800 full load /beban dengan SFC 261 g/kWh

Sedangkan pada keadaan normal continous rating sekitar 80% (Rpm 1800) dari maximum rating (Rpm 2200) didapatkan karakteristik bahan bakar dengan :

Rpm 1800 tanpa beban dengan SFC 123 g/kWh

Rpm 1800 full load/beban dengan SFC 212 g/kWh

Sedangkan pada keadaan maximum speed yaitu Rpm 2200 didapatkan karakteristik bahan bakar dengan :

Rpm 2200 tanpa beban dengan SFC 138 g/kWh

Rpm 2200 full load/beban dengan SFC 233 g/kWh

(halaman ini sengaja di kosongkan)













RPM	g/kWh
800	261
1000	242
1200	219
1400	210
1500	208
1600	208
1700	210
1800	212
1900	215
2000	218
2200	233

RPM	g/KWH
800	187
1000	145
1200	126
1400	119
1500	118
1600	118
1700	120
1800	123
1900	126
2000	129
2200	138

## **BAB IV**

### **ANALISA DATA & PEMBAHASAN**

#### **IV.1 Analisa Karakteristik Sistem Bahan Bakar Pada Mesin Reverse Engineering.**

Sistem bahan bakar merupakan suatu sistem dari mesin, sebagai pengalir bahan bakar agar bahan bakar mengalir ke ruang bakar dan dapat terbakar di combustion chamber oleh karena itu sistem bahan bakar pada mesin merupakan komponen utama dimana bahan bakar dari tangki penyimpanan dialirkan ke silinder dan dikabutkan ke dalamnya dengan dibantu dengan sebuah pompa. Dan merupakan sistem yang sangat vital bagi keberhasilan operasi suatu motor diesel mengingat bahwa sangat berkaitan dengan penyediaan tenaga yang berasal dari bahan bakar.

Sistem pengabutan bahan bakar harus sempurna, karena bila sistem pengabutan bahan bakar yang tidak sempurna akan menyebabkan kekurangan tenaga atau tidak maksimal dan hal ini akan menimbulkan kerugian tenaga serta mempengaruhi daya motor.

Pada analisa yang saya lakukan ini adalah bagaimana gambar desain sistem bahan bakar dari mesin Cummins 4BT3.9 dan mekanisme dari sistem bahan bakarnya.

##### **IV.1.1 Data Tentang Spesifikasi Mesin Diesel Cummins 4BT.39**

Sebelum dilakukan analisa pada penelitian ini berikut merupakan data spesifikasi mesin yang dilakukan penelitian

**Tabel 4.1. Specification Diesel Engine Cummins 4BT3.9**

Engine Type	In Line 4 Cylinder, 4 Stroke Diesel
Bore & Stroke	102 mm x 120 mm (4.02 in x 4.75 in)
Displacement	3.9 L
Firing Order	1.3.4.2
Compression Ratio	17,5 : 1

#### **IV.2 Data Teknis Peralatan Mesin Diesel Cummins 4BT3.9**

Dalam penggambaran desain sistem bahan bakar, diperlukan data sistem dan komponen peralatan pada sistem bahan bakar mesin diesel Cummin 4BT.3.9 adalah sebagai berikut :

- Direct Injection.

Pada sistem bahan bakar mesin diesel ini menggunakan direct injection karena sudah tidak menggunakan pre combustion chamber. Karena letak nozzle langsung ke ruang bakar. Dan tipe direct injection tipe injection pump tekanan nya mencapai 200 bar



**Gambar 4.1 Direct Injection**

Sumber : (Robert Bosch GmbH (Ed.): Bosch Technical Instruction: Distributor-Type Diesel Fuel-Injection)



- Pre Filter 1<sup>st</sup> Stage.

Pada sistem bahan bakar mesin ini menggunakan pre filter 1<sup>st</sup> stage filter yang artinya bahan bakar sebelum masuk ke feed pump harus melewati pre filter ini



Gambar 4.2 Pre Filter

Sumber: ( <http://www.sbmar.com>, 5 Juli 2014)

- Feed Pump.

Tekanan feed pump untuk mengalirkan bahan bakar pada sistem bahan bakar ini dengan tekanan output sebesar 25 psi (1,72bar) yang di dapat dari project guide Cummins 4BT3.9

- Fuel/Water Separator Filter 2<sup>nd</sup> Stage

Pada sistem bahan bakar mesin ini menggunakan. Water separator filter 2<sup>nd</sup> stage yang biasanya filter ini sepaket pada fuel filter last chance



Gambar 4.4 Water Separator Filter

Sumber : ( <http://www.sbmar.com>, 5 Juli 2014)

- Filter Last Chance Stage

Pada sistem bahan bakar mesin ini menggunakan. Fuel filter Last Chance stage filter atau filter akhir dapat menyaring bahan bakar yang akan masuk ke injection pump sehingga bahan bakar bersih untuk display kan dari injection pump ke injektor



Gambar 4.5 Fuel Filter

Sumber : ( <http://www.sbmar.com>, 5 Juli 2014)

- Injection Pump Inline.

Pada sistem bahan bakar mesin ini menggunakan injection pump inline karena pompa injeksi tersebut dimana 1 plunger menyuplai 1 silinder, jadi banyaknya plunger di pompa injeksi inline tergantung banyaknya jumlah silinder yang ada di mesin dan mesin diesel ini menggunakan 4 silinder.



Gambar 4.6 Robert Bosch P7100 Injection Pump Inline

- Injektor Multi Hole

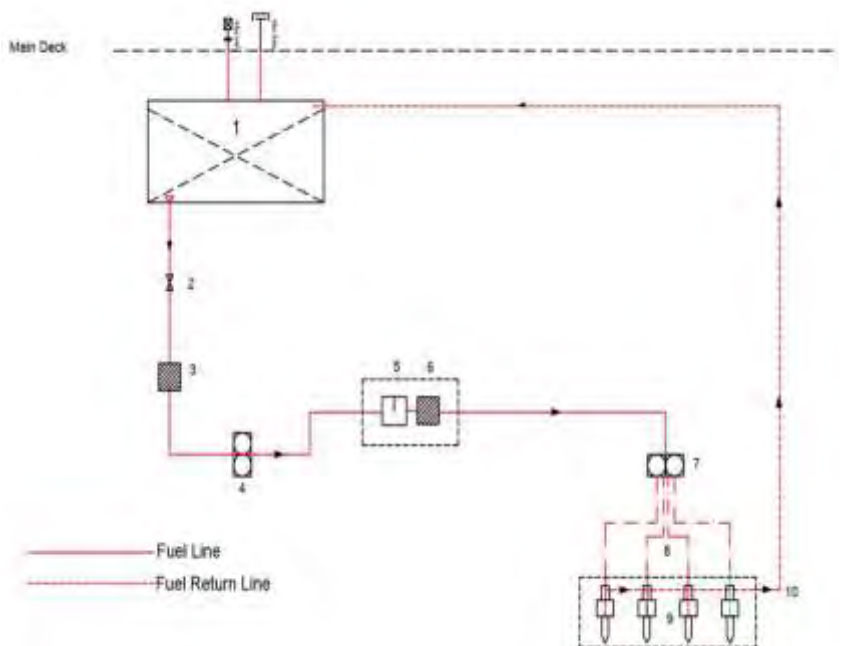
Pada sistem bahan bakar mesin ini menggunakan injektor multi hole karena memiliki lubang/ hole lebih dari satu dengan tekanan injection pump yang tinggi dibandingkan dengan injektor single hole












Gambar 4.7 Injektor Robert Bosch Cummins Multi Hole

### IV.3 Penggambaran Skema Desain Sistem Bahan Bakar.

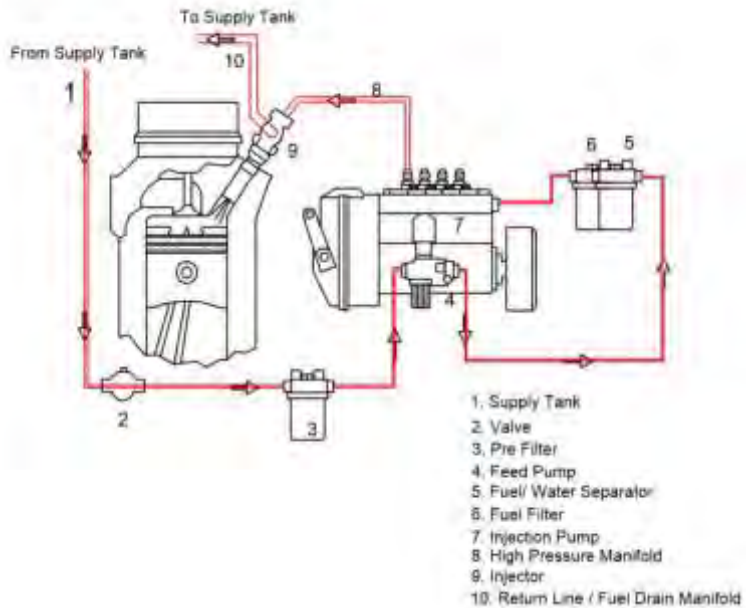
Setelah didapatkan data sistem dan komponen peralatan yang ada di mesin cummins 4BT3.9, tiap komponen pada sistem bahan bakar di desain skema sistem bahan bakar sebagai berikut :



Gambar 4.8 Desain Skema Sistem Bahan Bakar

NO	EQUIPMENT ID/ SYMBOL	EQUIPMENT
1		SUPPLY TANK
2		STOP VALVE
3		PRE-FILTER
4		LIFT PUMP
5		WATER SEPARATOR
6		FUEL FILTER
7		INJECTION PUMP
8		HIGH PRESSURE MANIFOLD
9		INJECTOR
10		FUEL RETURN LINE

Gambar 4.9 Nomor, Equipment ID dan Symbol



Gambar 4.10 Gambar Diagram Peletakan Komponen

#### IV.4 Penjelasan Mekanisme Gambar Sistem.

Pada tahapan ini dijelaskan bagaimana mekanisme dari gambar skema sistem bahan bakar. yang akan dijelaskan mekanismenya sebagai berikut :

- 1). Awal dari mekanisme ini pertama bahan bakar di supply dari supply tank yang berada di luar dari mesin yang di maksudkan diluar mesin adalah letak supply tank ini tidak satu bagian dengan mesin. Kemudian bahan bakar yang ada di supply tank di alirkan menuju pre filter
- 2). Pada tahap ini setelah bahan bakar di alirkan ke pre filter atau “1<sup>st</sup> stage” atau di pre filter merupakan awal penyaringan bahan bakar, filter 1<sup>st</sup> stage Kemudian setelah dilakukan filtrasi di pre filter ini keluaran bahan bakar dari pre filter di alirkan ke pompa feed pump
- 3). Setelah bahan bakar di alirkan ke pompa feed pump dengan tekanan output 25 psi (1,7 bar) tekanan tersebut didapat dari project guide cummins 4BT3.9 yang nantinya memompa bahan bakar menuju ke filtrasi tahap 2 atau 2<sup>nd</sup> stage
- 4). Pada Fuel/ Water Separator filter atau “2<sup>nd</sup> stage” filter berfungsi sebagai filtrasi tahap 2 dimana dari namanya fuel/water separator filter yaitu memisahkan antara air dengan minyak yang kemungkinan masuk kedalam sistem bahan bakar ini
- 5). Setelah dari water separator filter di filter lagi ke filtrasi tahap 3 yaitu Fuel filter atau “last chance filter” sebagai final filtration atau akhir pemfilteran pada tahap ini bahan bakar yang akan masuk ke dalam injection pump bersih dari kotoran yang bisa mengakibatkan terjadinya penyumbatan terhadap nozzle injektor. Jadi filter last chance ini letaknya bersebelahan atau biasanya satu paket dengan fuel/water separator
- 6). Setelah bahan bakar terfilter bahan bakar masuk ke injection pump. Pada sistem ini menggunakan injection pump inline yang prinsip kerjanya yaitu satu plunger mensuplai satu silinder jadi

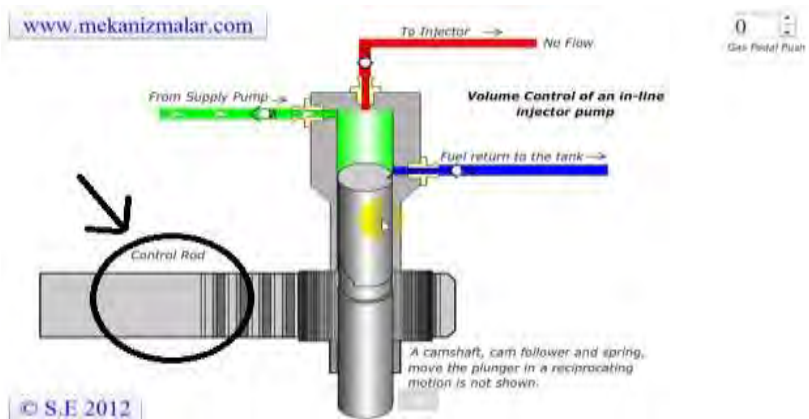


banyaknya jumlah plunger tergantung banyaknya silinder. Pada injection pump cummins 4BT3.9 ini governornya menggunakan actuator electric yang artinya governor tersebut di control oleh ECU ( Electric Unit Control) dan dapat dikendalikan pada HMI ( Human Module Interface) atau biasa disebut panel control untuk mengatur banyak atau sedikitnya bahan bakar yang keluar.

7). Dari Injection pump menginjeksikan tekanan sebesar 200 bar melalui high pressure manifold yang diteruskan menuju ke injektor, pada injektor cummins ini terdapat fuel drain manifold yang dimaksudkan apabila ada tekanan bahan bakar berlebih langsung di kembalikan ke supply tank melalui fuel return line.

Sehingga didapatkan karakteristik Sistem bahan bakar mesin cummins 4BT3.9. Terutama Pada governor mesin Cummins 4BT3.9 yaitu menggunakan actuator electric jadi governor dengan mudah di kendalikan pada panel control (Human Module Interface) jadi lebih praktis dan mudah.

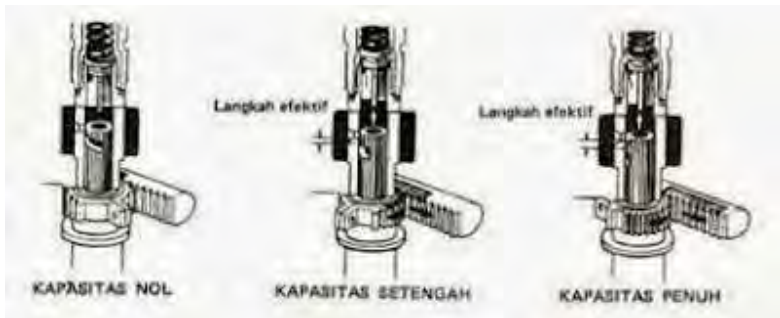
## IV.5 Penjelasan Sistem Kerja Governor.



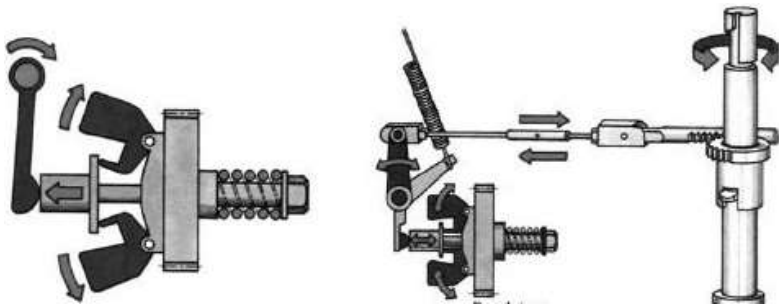
4.11 Gambar Sistem Kerja Governor

Sumber : ( <http://www.mekanizmalar.com>, 5 Juli 2014)

Control Rod pada gambar 4,11. Yang terhubung ke pedal gas, berfungsi sebagai pemutar rak dan pinion. Jadi rak dan pinion berputar tergantung dari seberapa kecepatan pedal gas yang diinginkan.



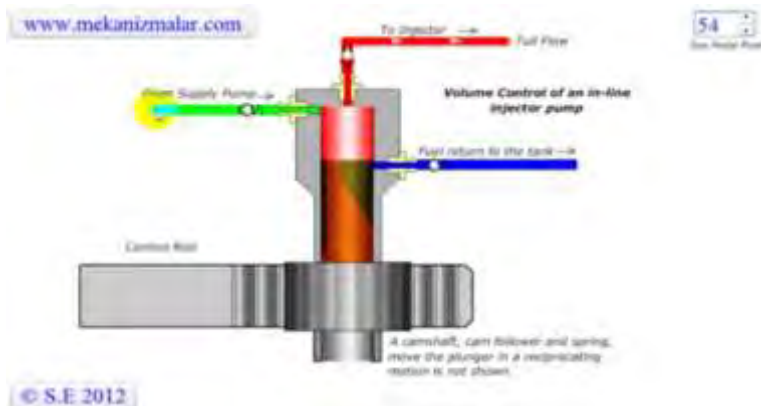
4.12 Gambar Sistem Kerja Governor



4.13 Gambar Sistem Kerja Governor

Sumber : (<http://www.dieselmotors.com>, 5 Juli 2014 )

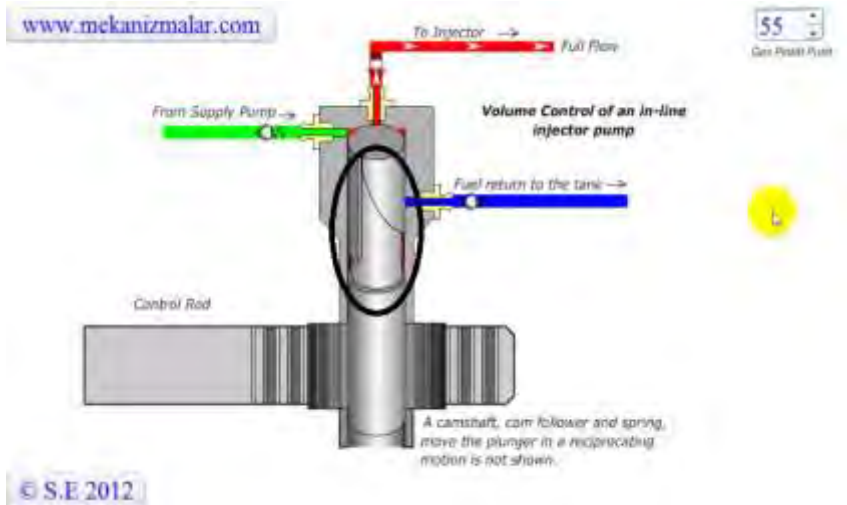
Pada gambar 4.13 merupakan gambar ketika pedal gas di tarik putaran mesin naik sehingga pedal gas mendorong control rod untuk bergerak maju dan mengurangi jumlah bahan bakar yang di injeksikan.



4.14 Gambar Sistem Kerja Governor

Sumber : ( <http://www.mekanizmalar.com>, 5 Juli 2014)

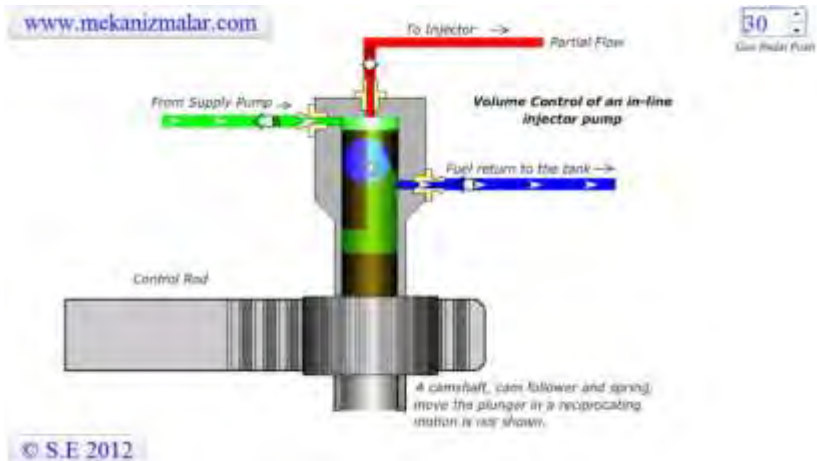
Pada gambar 4.14 control rod maju jumlah bahan bakar yang di injeksikan dikurangi dan tidak ada bahan bakar yang masuk ke return line sehingga kapasitas aliran ke injektor penuh. Seperti yang dijelaskan pada gambar 4.12 posisi dari control rod akan maju apabila kapasitas aliran penuh.



4.15 Gambar Sistem Kerja Governor

Sumber : ( <http://www.mekanizmalar.com>, 5 Juli 2014)

Ada alur pada plunger yang terbentuk dari atas sampai ke bawah alur annular yang dapat ditunjukkan pada gambar 4.15. salah satu sisi alur vertical ini dipotong dalam bentuk helix tepat di bawah permukaan atas plunger. Tepi miring dalam bentuk helix ini yang digunakan untuk mengontrol volume atau kapasitas bahan bakar yang akan ke injektor.

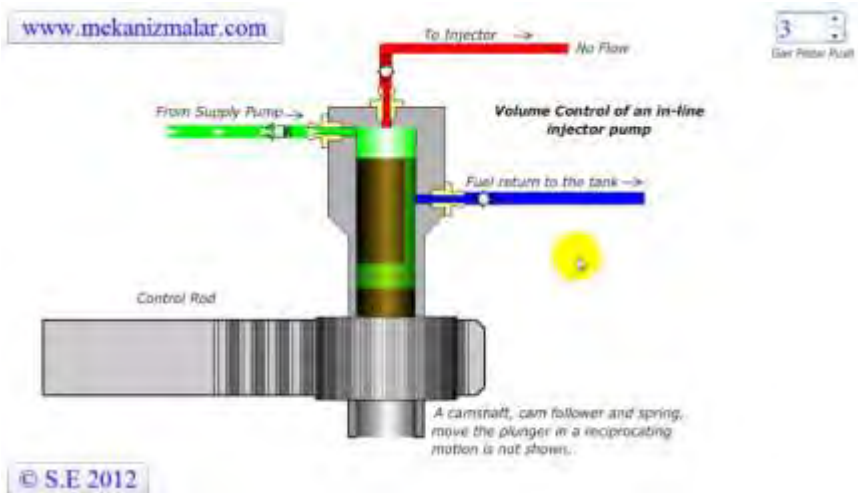


4.16 Gambar Sistem Kerja Governor

Sumber : ( <http://www.mekanizmalar.com>, 5 Juli 2014)

Tepi miring bentuk helix ini menyesuaikan jumlah bahan bakar yang dialirkan ke injektor, sebagian bahan bakar masuk ke tanki sedangkan sisanya di alirkan ke injektor dengan kapasitas aliran setengah seperti yang di tunjukan pada gambar 4.16. jumlah bahan bakar yang akan masuk ke injektor bisa disesuaikan atau diatur oleh control rod. Seperti pada gambar 4.12 Semakin maju control rod semakin banyak bahan bakar yang akan dikirim ke injektor.

Jika Kapasitas aliran nol atau tidak ada ke injektor aliran posisi control rod seperti yang di tunjukan gambar 4.12, bahan bakar dialirkan kembali ke tangki. Jadi alur plunger sejajar dengan lubang yang terhubung ke arah return line kemudian bahan bakar di alirkan ke tangki kembali. Seperti gambar 4.16 di bawah ini.



4.17 Gambar Sistem Kerja Governor

Sumber : ( <http://www.mekanizmalar.com>, 5 Juli 2014)

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **V.1. Kesimpulan:**

Berdasarkan hasil analisa perbandingan dari dua tabel dan grafik tanpa beban dan berbeban/ full load karakteristik bahan bakar pada mesin Cummins 4BT3.9 yaitu:

Pada keadaan idle yaitu Rpm 800 didapatkan karakteristik bahan bakar dengan Rpm 800 tanpa beban dengan SFC 187 g/kWh, dibandingkan Rpm 800 full load /beban dengan SFC 261 g/kWh. Sedangkan pada keadaan normal continous rating sekitar 80% (Rpm 1800) dari maximum rating (Rpm 2200) didapatkan karakteristik bahan bakar dengan Rpm 1800 tanpa beban dengan SFC 123 g/kWh, dibandingkan Rpm 1800 full load/beban dengan SFC 212 g/kWh. Sedangkan pada keadaan maximum speed yaitu Rpm 2200 didapatkan karakteristik bahan bakar dengan Rpm 2200 tanpa beban dengan SFC 138 g/kWh, dibandingkan Rpm 2200 full load/beban dengan SFC 233 g/kWh.

#### **V.2. Saran**

Berdasarkan kesimpulan yang di tarik dari hasil analisa karakteristik sistem bahan bakar, maka saran yang dapat diberikan adalah sebagai berikut:

Konsumsi bahan bakar besar atau kecilnya yang dikonsumsi tergantung bahan bakar tersebut sangat berpengaruh dalam keadaan full load/beban atau tanpa beban.

( halaman ini sengaja dikosongkan)



**Bosch Diesel Nozzles are quality built for consistently superior performance.**

Nozzles are a critical component of the fuel injection system. Today's engines are equipped with high performance systems that require the nozzle to atomize fuel under extreme pressures. For that reason, quality built, 100% new nozzles are vital in ensuring perfect combustion, exact emissions and fuel economy for optimum engine performance.

State-of-the-art Bosch Nozzles are designed to withstand the heavy demands of today's diesel engines. Each nozzle is 100% new, engineered for exacting precision and durability, to deliver a long, reliable service life for consistently superior diesel engine performance.

Trust Bosch's authorized service dealer network of qualified professionals to service and install genuine Bosch diesel components.

- Nozzles
- Diesel Gasket Kits
- Glow Plugs
- Hand Primers
- Housings
- Injector Assemblies (new and remanufactured)
- Distributor Heads (new and remanufactured)
- Plunger and Barrels
- Camshafts
- Camplates
- Delivery Valves
- Service Kits

**Trust the experience of Bosch**

Bosch is recognized as the worldwide leader in the design and manufacturing of diesel fuel injection systems, with a distinguished history of excellence dating back to 1927. Bosch Diesel Nozzles are used as original equipment by some of the largest diesel engine manufacturers in the world.

AGCO	Iveco
Allis Chalmers	John Deere
Audi	Kabota
Case	Komatsu
CDC	Mack Truck
Cummins	Nissan Diesel
DaimlerChrysler	Navistar International
Ford	Peugot
Fuso	Scania
Hino	Volkswagen
Isuzu	Volvo



**Diesel  
Nozzles**



**BOSCH**  
Invented for life



**Bosch  
Performance**

[www.boschusa.com](http://www.boschusa.com)

Printed in USA  
221243 07/05



**BOSCH**  
Invented for life



## Bosch Engineered for Superior Diesel Engine Performance

### 100% New Bosch Nozzles

In the long run, diesel engine performance and service life could be sacrificed if reconditioned nozzles are installed at the time of replacement. That's why it is important to install 100% new replacement nozzles to deliver a long, reliable service life for superior diesel engine performance.

Bosch is so confident in the quality of its diesel nozzles that they're guaranteed for 24 months.

#### Feature

Precision-drilled spray holes

High alloy and chrome steel construction

Needle-to-body gap

Hydraulic grinding

Dual-angle needle design

#### Benefit

Measure exact fuel delivery, for optimum power and minimum emissions

Provides maximum durability;  
Heat-treated to ensure a long service life

Ensures proper hydraulic performance for maximum fuel efficiency

Allows smoother fuel passage through the spray hole to ensure that the nozzle operates at peak performance throughout its service life

Ensures precise contact point for positive sealing and optimum performance



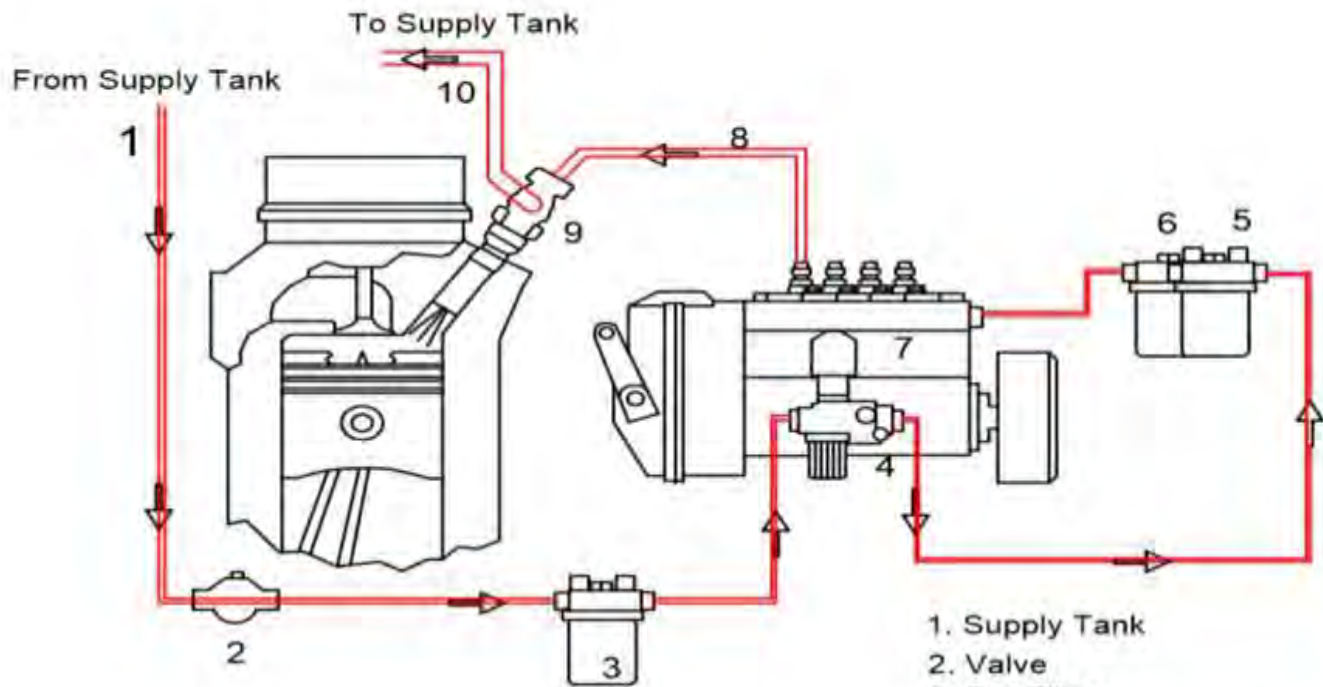
Exact fuel delivery



Optimum performance

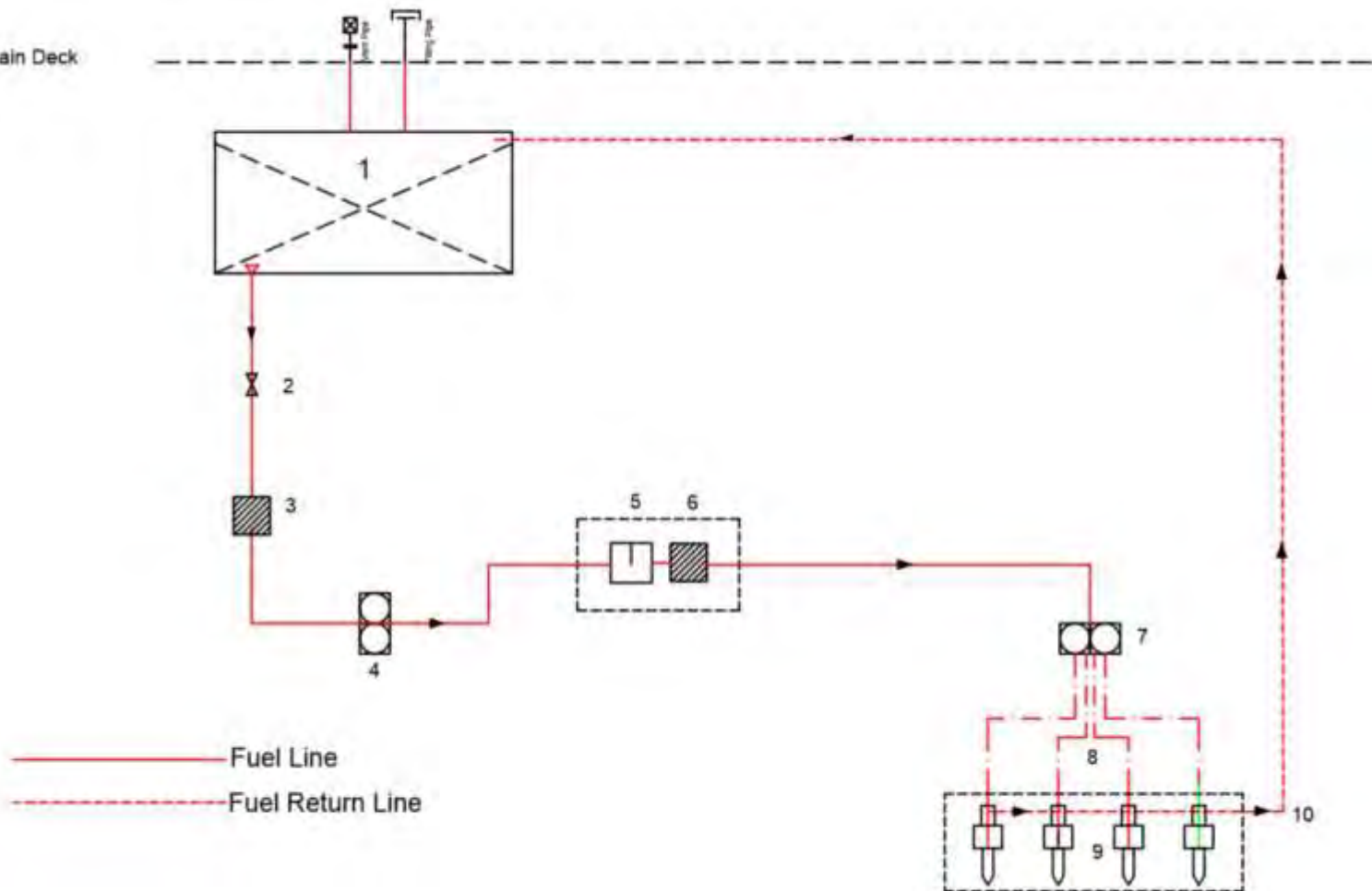


Precision design



1. Supply Tank
2. Valve
3. Pre Filter
4. Feed Pump
5. Fuel/ Water Separator
6. Fuel Filter
7. Injection Pump
8. High Pressure Manifold
9. Injector
10. Return Line / Fuel Drain Manifold

Main Deck



	483.9	4BT3.9	48TA3.9
- Turbocharged		X	X
- Aftercooled			X

## Fuel System

### 4B Fuel System Data (nonautomotive)

Distributor-Type Fuel Injection Pumps	483.9	4BT3.9	4BTA3.9
Maximum Allowable Restriction to the Fuel Transfer Pump Must Not Exceed	100 mm Hg [4 in Hg]	100 mm Hg [4 in Hg]	100 mm Hg [4 in Hg]
Maximum Allowable Return Line Restriction	518 mm Hg [20.4 in Hg]	518 mm Hg [20.4 in Hg]	518 mm Hg [20.4 in Hg]
Maximum Allowable Pressure Drop across Fuel Filter	35 kPa [5 psi]	35 kPa [5 psi]	35 kPa [5 psi]
Maximum Inlet Pressure to the Injection Pump Must Not Exceed	70 kPa [10 psi]	70 kPa [10 psi]	70 kPa [10 psi]
<b>In-Line-Type Fuel Injection Pumps</b>			
Maximum Inlet Restriction to the Fuel Transfer Pump Must Not Exceed	100 mm Hg [4 in Hg]	100 mm Hg [4 in Hg]	100 mm Hg [4 in Hg]
Fuel Transfer Pump Minimum Output Pressure.	172 kPa [25 psi] High Flow and 90 kPa [13 psi] Low Flow @ Rated rpm	172 kPa [25 psi] High Flow and 90 kPa [13 psi] Low Flow @ Rated rpm	172 kPa [25 psi] High Flow and 90 kPa [13 psi] Low Flow @ Rated rpm
Fuel Filter Restriction (maximum pressure drop across filters)	35 kPa [5 psi]	35 kPa [5 psi]	35 kPa [5 psi]
Fuel Pump Gallery Pressure	* 140 kPa [20 psi] @ Rated rpm	* 140 kPa [20 psi] @ Rated rpm	* 140 kPa [20 psi] @ Rated rpm
Fuel Return Maximum Restriction	518 mm Hg [20.4 in Hg]	518 mm Hg [20.4 in Hg]	518 mm Hg [20.4 in Hg]

\* The low-flow fuel transfer pump will have 82.7 kPa [12 psi].



## PREMIUM FINAL OR 2ND STAGE FUEL / WATER SEPARATORS / FUEL POLISHERS - 5 MIC / 2ND PASS BETA RATED

Image	Part	1st Pass / 2nd Pass	Description	Purchase
	FS1000	10 mic / 5 mic	Fleetguard FS1000 Fuel Filter w/ drain. Premium Stratopore Fuel Filter with drain (also use FS1000 & "half motor" fuel filter on the QGM)	Qty: <input type="text" value="1"/> \$20
	FS19506	7 mic / 5 mic	Fleetguard FS19506 Fuel Filter w/ WNF Sensor. Premium off-engine Stratopore 7 Micron WAF filter with drain	Qty: <input type="text" value="1"/> \$45

## PRIMARY BULK OR "MUD" FUEL / WATER SEPARATORS

Image	Part	1st Pass / 2nd Pass	Description	Purchase
	FS19513	20 mic / 10 mic	Fleetguard FS19513 Fuel Filter w/ drain. New Premium Bulk Separator for use with our new Multi-Stage fuel filter kits or Saamati Filter Heads. CANNOT be used with our pre-2000 Multi-Stage kits (un-anodized Filter Heads)	Qty: <input type="text" value="1"/> \$20
	FS5013	20 mic / 10 mic	Fleetguard FS5013 Fuel Filter w/ drain. Our original and proven "Bulk Separator" with drain	Qty: <input type="text" value="1"/> \$20
	FS1218	20 mic / 10 mic	Fleetguard FS1218 Fuel Filter w/ drain. Extra large capacity Bulk Separator with drain - For fuel tanks with serious mud in them, or applications where very long term filter change intervals would be desirable	Qty: <input type="text" value="1"/> \$35

- Deisel Engine Sales
- 2F-Transmission Sales
- Technical Information
- Torino Tips
- Services
- Bleeding Systems
- Fuel Systems
- Engine Components
- Maintenance Parts
- Instrumentation
- Engine Upgrades
- Custom Specialty Kits
- Contact Us / About Us

PLAY NOW

DOWNLOAD NOW

[Home](#) > [Marine Products](#) > [SMX Multi-Stage Fuel Fueltration™](#) > [Fleetguard Filters](#)

## Cummins Fleetguard Filters



UPS Ground Shipping to Your Door Included (\$100 total order or more)

Prices include UPS Ground shipping to your door within the 48 states (Alaska and Hawaii or "air freight" will incur extra shipping charges). Just ask Brad about any extra charges for Next Day, 2-Day, or any other priority shipping options.

### ON-ENGINE "LAST CHANCE" FUEL FILTERS

Image	Part	1st Pass / 2nd Pass	Description	Purchase
	FF5408	5 mic / 2 mic	Fleetguard FF5408 Fuel Filter. "Last chance" 2 Micron, on-engine fuel filter with drain filter for QSB, QSC, QSL, or with our B6 - CR Kits	Qty: 1 <input type="button" value="\$17"/>
	FS1251	20 mic / 10 mic	Fleetguard FS1251 Fuel Filter w/ drain. Premium "last chance" on-engine fuel filter with drain for all early 210 B's, 250 B's, 300 B's and early C's with either CAV or Wipac Denso Injection Pump - Replaces the FF5018	Qty: 1 <input type="button" value="\$17"/>
	FS1280	20 mic / 10 mic	Fleetguard FS1280 Fuel Filter w/ drain. Premium "last chance" on-engine filter with drain for late BBT4 and BCTA's	Qty: 1 <input type="button" value="\$12"/>

**PREMIUM FINAL OR 2ND STAGE FUEL / WATER SEPARATORS / FUEL POLISHERS - 5 MIC / 2ND PASS BETA RATED**

Ads by Dflerslizer8



Sandra



कवि हरीहरक राम राम करते

Sandra

ममङ्कान्, कान्ताभन वनङ्कान् हुनै?

कान्ताभन कोनो कान्ता कवि बनाना कान्ता हुनै?

हम कोनोको कोनो बहुत कान्ता थान्ता कान्ता कान्ता हुनै?



## DAFTAR PUSTAKA

Direct\_Injection.html, <http://yamatoikwan.blogspot.com> Diakses pada tanggal 5 juli 2014

Frankl, G.; Barker, B.G.; Timms, C.T.: Electronic Unit Injector for Direct Injection Engines. SIA Kongress, Lyon (France), June 1990

Fuel\_System.html, <http://www.dieselmotors.com> Diakses pada tanggal 5 juli 2014

Governor.html, <http://www.mekanizmalar.com> Diakses pada tanggal 5 juli 2014

*Hand Book of Diesel Engine*, Klaus Molenhauer eds. 2009

*Injection System*, Volume 1, JENBACHER ENERGY, 1996

Injection\_Pump.html, <http://radityacoklat.blogspot.com> Diakses pada tanggal 5 juli 2014

Injeksi\_Bahanbakar.html, <http://id.m.wikipedia.org> Diakses pada tanggal 5 juli 2014

*Internal Combustion Engines*, Vol. 1 JENBACHER ENERGY, 1996.

*Introduction Internal Combustion Engine*, Third Edition, Stone Richard, 1999

Kawano Sungkono, D. 2011. Motor Bakar Torak (Diesel). Surabaya: ITS Press

Nozzle.html, <http://muhammadsubchi.wordpress.com> Diakses pada tanggal 5 juli 2014

Pompa\_Injeksi.html, <http://machrusafif.blogspot.com> Diakses pada tanggal 5 juli 2014

Robert Bosch GmbH (Ed.): Bosch Technical Instruction: Distributor-Type Diesel Fuel-Injection. Stuttgart: Robert Bosch GmbH (2004)

## BIODATA PENULIS



Penulis dilahirkan di Surakarta, 29 April 1992. Penulis merupakan anak pertama dari tiga bersaudara. Penulis memulai pendidikan di SD Negeri Waru 1 Sidoarjo pada tahun 1998 hingga tahun 2004. Kemudian melanjutkan pendidikan ke SMP Negeri 3 Sidoarjo hingga lulus pada tahun 2007. Dan berlanjut pada SMA Al Falah Ketintang Surabaya. Setelah lulus pada tahun 2010, penulis melanjutkan ke jenjang Strata-1 dan diterima di Jurusan Teknik Sistem Perkapalan - Fakultas Teknologi

Kelautan - Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Di Jurusan Teknik Sistem Perkapalan ini, penulis mengambil bidang studi *Marine Power Plant* (MPP) untuk menyelesaikan tugas akhirnya. Selama masa kuliah, penulis aktif dalam kegiatan akademis dan non akademis. Dalam bidang non akademis penulis aktif sebagai Steering Comitee Himpunan Mahasiswa Teknik Sistem Perkapalan periode 2012-2013, serta turut aktif dalam setiap kegiatan Marine Icon 2012 dan 2013 sebagai Bendahara Umum. Dalam bidang akademis penulis aktif sebagai Member Lab Praktikum Training Mesin Diesel JTSP FTK-ITS.

(halaman ini sengaja di kosongkan)